

TEORI RELATIVITAS DALAM PERSPEKTIF FILOSOFIS

Oleh : Joko Siswanto

Emosi yang paling indah dan paling mendalam yang dapat kita alami ialah kesadaran akan hal spiritual (mistis). Kesadaran itu merupakan kekuatan segala ilmu pengetahuan yang sejati (Albert Einstein).

A. Pendahuluan

Albert Einstein dilahirkan dari orang tua bangsa Yahudi di Ulm, Jerman. Ia masuk disekolah Politeknik Negara Federal Swis di Zurich. Ia gagal memasuki ujian masuk, tetapi lulus pada tahun kemudian (1896) dan diterima sebagai mahasiswa jurusan fisika dan matematika.

Tahun 1905 ia menerbitkan dalam Annalen der Physik empat buah karangan yang amat penting, termasuk di dalamnya catatan-catatan pertama tentang relativitas khusus yang sangat menarik perhatian. Judul-judulnya: "Zur Elektrodynamik bewegter Körper", dalam Annalen der Physik, vol. 17, 1905, 132-148; dan "Ist die trägheit eines Körper von seinem Energieinhalt abhängig" dalam Annalen der Physik, vol. 18, 639-641; dan dua karangan yang penting lagi: "Einen die Erzeugen und verändlung des liches betreffenden heuristischen gesichtspunkt" dalam Annalen der physik, vol. 17, 1905, 132-148, dan "Die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderten Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspended teilchen", vol. 17, 1905, 549-560. (Whitrow, 1967, 469).

Kedua Karya yang terakhir ini cukup penting selain teorinya tentang relativitas. Pertama, Einstein memperluas hipotesis Planck tentang ciri diskontinuitas dari pencerapan dan pemancaran radiasi atom terhadap sifat itu sendiri. Kedua, Einstein mengalihkan perhatiannya pada teori gerakan Brown yang mendeteksi bagaimana molekul tanpa arus dan

ketiadaan pengaruh eksternal yang lain, molekul tetap bergerak. Sebagai akibat atas usaha yang ia lakukan itu kemudian Einstein ditempatkan pada sebuah universitas. Tidak sampai tahun 1909 ia dipilih sebagai profesor pada sebuah universitas di Zurich. Setahun kemudian ia diterima sebagai salah satu anggota universitas Prague di Jerman. Tahun 1912 ia ditunjuk sebagai profesor di Institut Politeknik Federal di Zurich (Whitrow, 1967, 468).

Pada tahun 1916 Einstein menerbitkan teori umumnya tentang Relativitas; papernya yang utama "Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie" dalam *Annalen der Physik*, Agustus, 1916, hal. 769-822. Hal ini menandai kemajuan utama yang melampaui teori klasik tentang gravitasi Newton. Salah satu ramalan teori baru ini memperlihatkan adanya penyimpangan sinar yang berasal dari sebuah bintang dan dekat melalui matahari akan disimpangkan dalam sebuah sudut sekitar 1,75 detik busur. Ramalan ini diuji oleh dua ekspedisi dari Inggris yang mempelajari tentang gerhana selama gerhana matahari pada bulan Mei 1919. Laporan dari ahli astronomi Inggris tersebut kepada Keluarga istana di London meletakkan dasar bagi kemashuran Einstein (Whitrow, 1967, 468).

Langkah-langkah penalaran menurut Einstein adalah terlalu banyak dan kompleks untuk diterangkan di sini. Namun adalah mungkin untuk menggambarkan beberapa kesimpulan utamanya tentang realitas fisika. sebagai pengantar umum dapat dikatakan bahwa teori relativitas khusus mempersoalkan sistim-sistim fisika dalam pergerakan yang seragam dalam kecepatan yang relatif sama antara yang satu dengan yang lainnya, dan efek gerakan tersebut terhadap pengukuran ruang dan waktu. Hal itu juga mengungkapkan sebuah definisi tentang massa yang memuat komponen kecepatan. Teori relativitas umum memperbincangkan sistim-sistim gerakan fisika dengan kecepatan yang berubah. Hal itu mengungkapkan pengaruh materi terhadap ruang dan waktu, yang membangun sebuah teori baru tentang gravitasi.

B. Latar Belakang Timbulnya Teori Relativitas

Pada pertengahan abad ke-19 dan berikutnya para ahli ilmu pengetahuan diberondong persoalan-persoalan

tentang bagaimana gelombang elektromagnetik (termasuk didalamnya gelombang cahaya) dapat dijalarkan melalui udara yang kosong, sedangkan gelombang air maupun gelombang suara menuntut adanya beberapa jenis transmisi. Salah satu keterangan yang diutarakan adalah bahwa semua udara dipenuhi oleh sesuatu substansi asing yang dinamakan eter. Eter itu mempunyai kepadatan yang demikian rendah, sehingga gelombang elektromagnetik kemudian dapat dijalarkan melalui eter tersebut. Dalam kaitannya dengan Filsafat mekanika dalam fisika, eter itu dipandang sebagai osilasi dalam medium universal yang khusus dan medium ini nampaknya menyelelenggarakan suatu standar bagi keadaan di atas yang absolut. Khususnya mungkin untuk menentukan akan adanya gerakan bumi melalui eter tersebut lewat sebuah eksperimen optik (H. S. E., 1957, 2126).

Persoalan itu telah mengundang minat seorang ilmuwan untuk mengadakan eksperimen. Michelson dan A. E. Morley pada tahun 1887 mengadakan observasi untuk mengukur gerakan bumi yang absolut melalui eter tersebut, dan ada berkas sinar yang mengalir ke depan melalui eter dan kemudian kembali ke asalnya, maka berkas cahaya tersebut membutuhkan kepanjangan waktu yang berbeda sedikit sekali untuk mencapai jaraknya, daripada yang dibutuhkan oleh berkas sinar cahaya yang mengalir pada sudut yang tetap ke arah arus aliran eter yang melalui jarak yang sama.

Pemikiran percobaan itu berdasarkan pada gagasan, kalau bumi bergerak dalam eter tersebut dengan kecepatan 20 mil per detik, kecepatan ini akan menimbulkan arus eter. Kalau seberkas cahaya jatuh mengenai bumi dan datangnya searah dengan aliran eter, maka kecepatan cahaya itu akan bertambah dengan 20 mil perdetik. Sebaliknya kalau arah datangnya cahaya mengenai bumi itu bertentangan dengan aliran eter, maka akan berkurang 20 mil perdetik. Jika kecepatan cahaya normal 186284 mil perdetik, maka pada percobaan pertama kecepatannya akan menjadi 186304 mil perdetik dan pada percobaan kedua menjadi 186264 mil perdetik. Hasil yang diperoleh oleh eksperimen itu adalah : kedua berkas sinar cahaya secara tetap mengambil waktu yang sama. Kecepatan cahaya tidak tergantung sama sekali terhadap gerakan sumbernya. Oleh karena kebenaran itu,

tidaklah mungkin untuk menentukan gerakan absolut lewat udara (H. S. E., 1957, 2126). Kegagalan hipotesa eter membawa pengaruh besar bagi munculnya gagasan teori relativitas. Fakta bahwa kecepatan cahaya tidak tergantung atas sumber gerak yang memancarkannya menjadi dasar Einstein untuk menerangkan gejala di alam semesta. Einstein menerima kesimpulan tersebut sebagai hukum fundamental dalam teorinya tentang relativitas.

C. Prinsip Dasar Teori Relativitas.

Sebelum Einstein muncul memperkenalkan teori relativitas khusus, seorang ahli matematika bangsa Perancis bernama Henri Poincare tahun 1904 telah memperkenalkan teori tersebut. Tetapi Poincare tidak menyusun adanya teori seperti Einstein. Poincare gagal merealisasikan suatu prinsip yang mengimplikasikan penolakan terhadap eter. Ia berpikir eter harus tetap dibiarkan sebagai suatu dasar mekanika untuk transmisi cahaya. Sedangkan Einstein dengan menolak gagasan tentang eter, berhasil merealisasikan sebuah teori relativitas.

Ide relativitas ditemukan dalam dua ungkapan.

1. Prinsip relativitas berlaku untuk segala fenomena.
2. Gelombang elektromagnetik atau gelombang cahaya dalam ruang hampa mempunyai kecepatan konstan dan lebih jauh tidak tergantung pada kecepatan sumber atau dari pengamatnya (Lapp, 1967, 201).

Berdasarkan teori ini maka tak satupun di antara tubuh-tubuh material dapat bergerak dengan suatu kecepatan yang melebihi kecepatan cahaya. Dengan demikian teori relativitas menyatakan hukum alam yang sangat fundamental yaitu kecepatan cahaya adalah batas kecepatan dalam alam semesta (Barnett, 1956, 62). Di luar kecepatan cahaya semuanya mempunyai gerak relatif, tidak ada gerak mutlak seperti dalam fisika Newton; dan kerelatifan gerak itu berpengaruh terhadap kerelatifan ruang, waktu dan massa. Bertolak dari kecepatan cahaya, maka dapat dikatakan bahwa sebenarnya teori ini masih berdasarkan suatu hukum empiris, yakni hukum tentang

konstanta cahaya.

Konsep dasar teori relativitas Einstein adalah konsep relasional, sebab teori relativitas merupakan teori yang mengukur jarak yang lebih ditekankan pada peristiwa, bukan benda. Dalam penolakannya terhadap nilai-nilai filosofis pada teori fisika Newton, Einstein berpegang bahwa hubungan waktu antara peristiwa-peristiwa fisika bukan merupakan kebetulan saja, tetapi tergantung pada keadaan nyata, atas fakta adanya hubungan-hubungan tertentu yang terjadi antaranya. Ia mengawinkan konsep waktu dan ruang; artinya ia mengakui waktu dan ruang sebagai sistem hubungan di antara peristiwa-peristiwa dan obyek-obyek alam. Hubungan waktu pertama nampak pada sistem hubungan fisika yang terjadi (berlangsung) di antara peristiwa-peristiwa fisika. Dari sini maka struktur temporalnya akan ditentukan oleh sifat-sifat fisika yang memungkinkan peristiwa-peristiwa menopang hubungan, yakni : "bersamaan dengan", "lebih awal daripada", "lebih kemudian daripada". Secara khusus struktur ini tergantung pada apakah sifat-sifat ini membatasi hubungan temporal yang nampak; artinya bahwa setiap pasangan peristiwa merupakan aturan dalam batas-batas di mana dalam salah satu hubungannya lebih awal, lebih akhir, atau bersamaan secara metrik (Grunbaum, 1967. 134).

Dalam fisika Newton struktur temporal yang demikian tidak ada, sebab ia beranggapan terdapat suatu hubungan yang sama waktu yang absolut terpisah, dengan memakai alat arloji. Teori Newton menganggap apabila dua arloji menunjukkan waktu yang sama pada tempat A, maka hubungan sinkron akan dapat diamati setelah mereka dipisahkan, satu di A, dan lainnya ditempat B, yang masing-masing bebas bergerak. Dalam kasus ini suatu basis fisika bagi kebersamaan waktu yang absolut akan terjadi dengan tanda-tanda waktu yang identik pada dua arloji yang telah dipindahkan tadi.

Akan tetapi menurut teori relativitas khusus basis arloji yang fisikal bagi kebersamaan waktu yang absolut tidak ada. Teori relativitas khusus membuat asumsi : arloji yang dipindahkan gagal untuk menentukan kejelasan hubungan yang terjadi secara bersamaan (serempak) dalam kelompok (tingkat) peristiwa fisika, sebab relasi simultan yang dihasilkan

oleh arloji yang terpisah tergantung pada arloji khusus yang digunakan. Tentu saja hal ini tidak menghalangi eksistensi hubungan yang lain di antara peristiwa-peristiwa yang akan menimbulkan reaksi demikian. Walaupun peristiwa-peristiwa dapat melakukan hubungan-hubungan satu jenis fisika atau lain jenis fisika, namun hanya disebabkan ada atau tidaknya keaktualan atau setidaknya kemungkinan fisika di antara mereka saling berhubungan.

D. Teori Relativitas Khusus.

Teori relativitas khusus yang akhirnya memberikan kepada Einstein kedudukan yang unik dalam sejarah, dikemukakan di dalam Annalen der Physik pada musim pada tahun 1905. Judulnya cukup sederhana. "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" (Tentang Elektrodinamika dengan benda-benda yang bergerak). makalah tersebut dalam banyak hal merupakan salah satu hasil makalah ilmiah yang paling menonjol yang pernah ditulis orang. Bahkan dilihat dari bentuk dan gayanya, makalah itu luar biasa. Tidak ada catatan-catatan atau referensi-referensi yang biasa memberi bobot pada tulisan-tulisan ilmiah yang serius, yang ada hanya catatan yang paling akhir bahwa penulis merasa berhutang budi atas sejumlah saran-saran berharga dari teman dekatnya, M. Besso. Tetapi tulisannya yang hanya terdiri dari 9000 (sembilan ribu) kata ini telah menjungkir balikkan gagasan yang selama ini diterima orang tentang ruang dan waktu. (Clark, 1986, 32)

Teori ini dinamakan teori relativitas khusus karena teori ini dikaitkan dengan kekhususan gerak. Gerak itu merupakan gerak seragam dalam garis lurus yang dikenal dengan sebutan kecepatan konstan (Lapp, 1967, 201). Bayangkan kita dalam sebuah kereta api yang bergerak lambat dengan kecepatan konstan. Dalam kereta tersebut kita menjatuhkan sebuah buku atau membiarkan sebuah pendulum untuk bergoyang bebas. Buku tersebut nampaknya akan jatuh lurus ke bawah, bila buku itu dijatuhkan. Demikian juga bila sebuah bola dilepaskan dari orang satu ke orang lain. Semua kegiatan ini dapat diterangkan dengan cara yang sama seperti di tanah di luar kereta api tersebut. Sejauh kereta api tersebut benar-benar bergerak dengan

Kecepatan konstan, maka tak ada satu pun kegiatan mekanik kita akan dipengaruhi oleh gerak tadi. Pada lain pihak bilamana kereta tersebut berhenti atau dipercepat maka kegiatan mekanik kita akan berubah. Buku tersebut akan berpindah dari tempatnya semula dan jatuh tanpa dijatuhkan. Sedangkan bola tersebut akan bergerak dengan cara yang berlainan. Kesimpulan dapat di kemukakan, bahwa hukum-hukum mekanika adalah sama untuk seorang pengamat dalam kereta api yang bergerak lambat, seperti halnya bagi seorang pengamat tersebut ditanah biasa.

Bila dua buah sistim bergerak serempak satu sama lain, maka semua hukum mekanika adalah sama dalam kedua sistim tersebut. Prinsip itu di sebut prinsip relativitas klasik, prinsip yang sama tuanya dengan ide-ide dalam mekanika dan fisika klasik. Namun menurut teori relativitas khusus, dua kejadian yang diamati pada waktu yang sama oleh pengamat yang ada di kereta api, tidaklah simultan dengan pengamat yang berada di tanah biasa. Kepanjangan setiap obyek yang ada di kereta api bagi pengamat yang berada di luarnya nampak lebih pendek. Dapat disimpulkan, bahwa gerak akan berpengaruh terhadap perputaran waktu. Di samping gerak suatu benda juga akan berpengaruh terhadap massa benda tersebut.

Berangkat dari pemikiran di atas, maka akan dihasilkan suatu deduksi yang tidak konsisten, apabila massa tidak bisa dirubah. Massa yang dihubungkan dengan kecepatan cahaya bisa dirubah menjadi energi, demikian juga sebaliknya. Teori relativitas khusus mengungkapkan definisi tentang massa yang berhubungan dengan kecepatan cahaya, bahwa massa suatu obyek meningkat sesuai dengan peningkatan kecepatannya. Secara teoritis maka massa suatu obyek dapat infinit bila kecepatannya menjadi sebesar kecepatan cahaya.

Hubungan yang saling bergantung antara massa² dan energi ($E=mc^2$) menjadi sangat penting dalam pembebasan energi yang terdapat dalam inti suatu atom. Bila energi dilepaskan dari inti-inti atom uranium dan dari inti atom-atom yang unsur-unsurnya dibentuk, maka jumlah massa atom-atom tersebut lebih kecil daripada jumlah massa atom uranium. Ini berarti bahwa beberapa massa inti atom uranium telah

diubah menjadi energi. Hukum $E = mc^2$ memperlihatkan

oleh arloji yang terpisah tergantung pada arloji khusus yang digunakan. Tentu saja hal ini tidak menghalangi eksistensi hubungan yang lain di antara peristiwa-peristiwa yang akan menimbulkan reaksi demikian. Walaupun peristiwa-peristiwa dapat melakukan hubungan-hubungan satu jenis fisika atau lain jenis fisika, namun hanya disebabkan ada atau tidaknya keaktualan atau setidaknya kemungkinan fisika di antara mereka saling berhubungan.

D. Teori Relativitas Khusus.

Teori relativitas Khusus yang akhirnya memberikan kepada Einstein kedudukan yang unik dalam sejarah, dikemukakan di dalam Annalen der Physik pada musim pada tahun 1905. Judulnya cukup sederhana. "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" (Tentang Elektrodinamika dengan benda-benda yang bergerak). Makalah tersebut dalam banyak hal merupakan salah satu hasil makalah ilmiah yang paling menonjol yang pernah ditulis orang. Bahkan dilihat dari bentuk dan gayanya, makalah itu luar biasa. Tidak ada catatan-catatan atau referensi-referensi yang biasa memberi bobot pada tulisan-tulisan ilmiah yang serius, yang ada hanya catatan yang paling akhir bahwa penulis merasa berhutang budi atas sejumlah saran-saran berharga dari teman dekatnya, M. Besso. Tetapi tulisannya yang hanya terdiri dari 9000 (sembilan ribu) kata ini telah menjungkir balikkan gagasan yang selama ini diterima orang tentang ruang dan waktu. (Clark, 1986, 32).

Teori ini dinamakan teori relativitas Khusus karena teori ini dikaitkan dengan kekhususan gerak. Gerak itu merupakan gerak seragam dalam garis lurus yang dikenal dengan sebutan kecepatan konstan (Lapp, 1967, 201). Bayangkan kita dalam sebuah kereta api yang bergerak lambat dengan kecepatan konstan. Dalam kereta tersebut kita menjatuhkan sebuah buku atau membiarkan sebuah pendulum untuk bergoyang bebas. Buku tersebut nampaknya akan jatuh lurus ke bawah, bila buku itu dijatuhkan. Demikian juga bila sebuah bola dilepaskan dari orang satu ke orang lain. Semua kegiatan ini dapat diterangkan dengan cara yang sama seperti di tanah di luar kereta api tersebut. Se jauh kereta api tersebut benar-benar bergerak dengan

Kecepatan konstan, maka tak ada satu pun kegiatan mekanik kita akan dipengaruhi oleh gerak tadi. Pada lain pihak bilamana kereta tersebut berhenti atau dipercepat maka kegiatan mekanik kita akan berubah. Buku tersebut akan berpindah dari tempatnya semula dan jatuh tanpa dijatuhkan. Sedangkan bola tersebut akan bergerak dengan cara yang berlainan. Kesimpulannya dapat di kemukakan, bahwa hukum-hukum mekanika adalah sama untuk seorang pengamat dalam kereta api yang bergerak lambat, seperti halnya bagi seorang pengamat tersebut ditanah biasa.

Bila dua buah sistim bergerak serempak satu sama lain, maka semua hukum mekanika adalah sama dalam kedua sistim tersebut. Prinsip itu di sebut prinsip relativitas klasik, prinsip yang sama tuanya dengan ide-ide dalam mekanika dan fisika klasik. Namun menurut teori relativitas khusus, dua kejadian yang diamati pada waktu yang sama oleh pengamat yang ada di kereta api, tidaklah simultan dengan pengamat yang berada di tanah biasa. Kepanjangan setiap obyek yang ada di kereta api bagi pengamat yang berada di luarnya nampak lebih pendek. Dapat disimpulkan, bahwa gerak akan berpengaruh terhadap perputaran waktu. Di samping gerak suatu benda juga akan berpengaruh terhadap massa benda tersebut.

Berangkat dari pemikiran di atas, maka akan dihasilkan suatu deduksi yang tidak konsisten, apabila massa tidak bisa dirubah. Massa yang dihubungkan dengan kecepatan cahaya bisa dirubah menjadi energi; demikian juga sebaliknya. Teori relativitas khusus mengungkapkan definisi tentang massa yang berhubungan dengan kecepatan cahaya, bahwa massa suatu obyek meningkat sesuai dengan peningkatan kecepatannya. Secara teoritis maka massa suatu obyek dapat infinit bila kecepatannya menjadi sebesar kecepatan cahaya.

Hubungan yang saling bergantung antara massa

2

dan energi ($E=mc$) menjadi sangat penting dalam pembebasan energi yang terdapat dalam inti suatu atom. Bila energi dilepaskan dari inti-inti atom uranium dan dari inti atom-atom yang unsur-unsurnya dibentuk, maka jumlah massa atom-atom tersebut lebih kecil daripada jumlah massa atom uranium. Ini berarti bahwa beberapa massa inti atom uranium telah

2

diubah menjadi energi. Hukum $E = mc$ memperlihatkan

bahwa energi suatu inti uranium yang tunggal sebesar : 220.000.000.000. elektron volt, yang mengakibatkan saluran massa bisa dirubah menjadi energi (Lapp. 1967, 202). Kesimpulan yang menarik adalah bahwa secara essensiil tidak ada perbedaan antara massa dan energi (Einstein, 1947, 208). Semua massa tidak lain hanya energi membeku; semua energi adalah sekedar materi yang dibebaskan (Clark, 1986, 75).

E. Teori Relativitas Umum

Teori relativitas umum dikemukakan Einstein di Annalen der physik, volume 49, tahun 1916, dengan judul "Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie" (Fondasi Teori Umum Relativitas) halaman 769 sampai 822. Rumus-rumus matematika yang membangun teori relativitas umum lebih sulit daripada yang berkaitan dengan teori relativitas khusus.

Teori relativitas umum pada dasarnya berusaha menghilangkan adanya dua macam gerak, yaitu gerak seragam dan gerak yang dipercepat atau gerak relatif. Newton secara fundamental membedakan kedua gerak itu. Gerak yang dipercepat adalah berkaitan dengan aksi tenaga, sedangkan gerak seragam adalah karena tiadanya tenaga. Einstein ingin melenyapkan konsep itu dalam fisika, maka ia mencari prinsip untuk memperluas teori relativitas bagi kerangka semua gerak yang relatif. Dalam teori relativitas umum itu ia mengatakan, bahwa hukum alam hanya satu, berlaku bagi setiap benda tanpa memperhatikan bentuk geraknya. Dengan demikian akhirnya Einstein tegas-tegas menolak apa saja yang sifatnya mutlak, termasuk juga pengecualian yang satu, yaitu gerak tak beraturan, sebab gerak ini akhirnya juga menjadi gerak relatif.

Dalam waktu yang sama Einstein juga mencari dasar untuk melenyapkan konsep tenaga dan berhasil dalam bidang gravitasi. Satu hal yang menjadi perhatian kita ialah, pengaruh gravitasi dari bintang akan terasa pada momen yang sama di segenap jagad raya betapapun jaraknya menyusul terhadap bintang tersebut, kecuali gelombang elektromagnetik yang geraknya sempurna, yakni kecepatan cahaya. Oleh karena pengetahuan kita akan radiasi elektromagnetik, maka kita cenderung menolak ide, bahwa gerakan

cahaya itu memiliki kecepatan yang tidak terbatas. Kita tetap yakin meskipun cahaya bergerak dengan kecepatan yang amat tinggi, namun kecepatan tersebut tidaklah tak terbatas.

Menurut Newton, dua benda akan saling tarik menarik tergantung pada massa dan jarak keduanya. Maka jika kita melempar biji besi, akan lain jatuhnya dengan sepotong kayu misalnya. Karena keduanya memiliki daya tarik dan massa yang berbeda. Akan tetapi Keanehan suatu lapangan gravitasi menurut Einstein ialah semua benda-benda setempat jatuh dengan percepatan yang sama di mana satu dengan yang lain tidak dipercepat secara relatif. Artinya, bahwa semua benda-benda yang jatuh akan mempunyai kecepatan yang sama walaupun massanya berbeda. Sebuah bola besi yang dijatuhkan mempunyai kecepatan yang sama dengan kecepatan sebuah bola kayu, asal besarnya sama; begitu pula kecepatan jatunya sebuah peluru meriam. Meskipun sepotong kertas yang dijatuhkan kelihatan turun dengan pelan, itu disebabkan karena permukaannya yang luas dan adanya gaya reaksi dari udara; tetapi jika kertas itu digumpalkan seperti bola, maka ia akan jatuh dengan kecepatan yang sama dengan sebuah bola besi.

Satunya kecepatan dari bermacam-macam benda yang dijatuhkan ini merupakan problem dalam fisika. Karena gejala ini bertentangan dengan gejala yang diketahui umum tentang gerak vertikal benda-benda, yaitu berbeda-beda kecepatan menurut perbedaan massa. Newton mengatakan, gaya gravitasi yang diderita suatu benda, makin besar sebanding dengan inertianya. Itulah sebabnya mengapa sepotong kayu yang mempunyai reaksi dan inertia kecil ditarik lebih kecil jika dibandingkan dengan sepotong besi yang mempunyai reaksi dan massa yang besar.

Berhubung dengan gravitasi itu Einstein melancarkan sebuah teori yang disebut "prinsip ekuivalensi". Prinsip ini menyatakan bahwa dipandang secara lokal, maka percepatan dan gravitasi pada hakekatnya tidak dapat dibedakan satu sama lain; jadi keduanya merupakan hal yang identik. "Untuk mengerti ini, anda perlu melakukan eksperimen dalam otak" kata Einstein. Bayangkan anda berada di suatu tempat di antariksa, yang jatuh dari gravitasi suatu planet, bintang ataupun benda langit yang lain. Di tempat

ini misalnya anda bergerak dengan percepatan yang tetap. Bila anda melempar bola dengan arah tegak lurus terhadap gerakan anda, maka gerakan bola akan memberi percepatan terhadap bola, sehingga bola akan jatuh mengikuti suatu lintasan busur dan parabola. Bila anda berada pada medan gravitasi, misalnya berdiri di permukaan bumi, maka bola yang ada dan anda lempar seperti tadi juga akan mengikuti lintasan berbentuk parabola.

Selama 200 kemaharajaan fisika diperintah oleh teori besar Sir Isaac Newton. Newton telah menyusun teori tentang hukum gravitasi universal, yang menyatakan bahwa semua benda langit saling tarik menarik dengan gaya yang sebanding lurus dengan sesamanya, serta berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya. Prinsip yang sederhana ini telah mampu menerangkan berbagai garis orbit yang sangat kompleks bagi berbagai planet disekeliling matahari. Menurut Newton suatu planet bergerak mengitari matahari oleh adanya gravitasi yang keluar dari matahari.

Makna filosofis menurut teori relativitas umum planet tersebut memilih jalan yang paling pendek yang dibentuk matahari. Hal ini dapat dibandingkan dengan kenyataan bahwa suatu kapal atau kapal terbang yang melalui lautan menuruti garis lengkung, bukan garis lurus, untuk melewati jalan yang pendek antara dua buah titik. Dalam cara yang sama maka planet atau berkas cahaya bergerak sepanjang garis yang paling pendek dalam dunia empat dimensi (Lapp, 1967, 202). Garis lengkung itu terjadi, karena menurut teori relativitas umum hakekat waktu dan ruang yang dekat dengan massa yang besar, sedemikian rupa sehingga pemisah paling pendek antara dua titik dalam suatu garis tidak merupakan garis lurus bentuk geometri yang demikian itu ditentukan lewat distribusi materi dan energi dalam masing-masing ruang dan waktu.

Teori relativitas telah merombak konsep dasar kita tentang dunia fisik, sehingga konsekuensi teori ini sampai pada dataran yang bersifat filosofis. Tetapi teori relativitas telah memberikan cakrawala baru bagi pemahaman persoalan-persoalan kosmologi. Teori relativitas telah merombak konsep dasar ruang, waktu, materi, massa, gerak dan gravitasi; dan itu berarti filsafat ditentang untuk mererangkan kembali

hasil-hasil yang telah dicapainya. Sebab dengan pendekatan yang lebih ilmiah filsafati, dengan meninggalkan konsep ruang-waktu metafisik untuk konsep yang lebih operasional.

Einstein telah menghasilkan kesimpulan yang benar-benar menakjubkan. Teori fisika Einstein menandakan bahwa hubungan peristiwa disebut relativitas. Disebut demikian karena merelatifkan beberapa sifat (atribut) dan relasi-relasi (jarak, ruang, interval waktu, massa) yang oleh Newton dinyatakan sebagai absolut. Tetapi salah jika dikatakan bahwa teori relativitas mengemukakan bahwa segala sesuatu relatif, yang dimaksudkan teori relativitas adalah realitas fisik. Justru teori relativitas sama sekali tidak mengemukakan sesuatu mengenai etika relativisme. (Grunbaum 1967, 133).

Makna filsafati dari sisi lain dapat dikemukakan sebagai berikut : Dengan diperkenalkannya teori relativitas hampir-hampir tiada lagi unsur yang mutlak dan konstan yang lepas satu dari yang lain. Ruang-waktu menjadi relatif tetapi menjadi satu, penentuan waktu berhubungan dengan tempat si pengamat, waktu bertalian dengan kesadaran yang mengamati. Pada gilirannya susunan alam semesta secara langsung bertalian dengan cara kerja dan perbuatan-perbuatan penelitian ilmiah. Ruang-waktu bukan obyek fisika, melainkan bersama-sama merupakan suatu skema untuk mengatur observasi kita. Ini berarti bahwa manusia sebenarnya merupakan titik tolak struktur dunia. Hal ini akan nampak jelas apabila manusia mulai membayangkan alam raya, ruang waktu, dan menggambarkan dunia empat dimensi yang berbentuk lengkung. Untuk memudahkan manusia menggambarannya, menurut van Peursen, manusia mulai menggunakan modul-modul, bagan-bagan, supaya kita dapat membayangkannya. Modul itu bukan gambar mengenai kenyataan dan bukan pula foto, melainkan kepingan sebuah teori, sedangkan teori itu sedang dibentuk (van Peursen, 1981, 154-155). Dengan itu seolah-olah manusia menemukan Kehadirannya di dunia obyektif lewat gambarnya sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnett, Lincoln, 1956, The Universe and Dr. Einstein, New American Library, New York.
- Clark W., Ronald, 1986, Einstein Sebuah Biografi, Pantja Simpati, terjemahan Tim Pantja Simpati, Jakarta.
- Einstein, Albert and Leopold infeld, 1947, The Evolution of Physics, Cambridge University Press, London
- Einstein, Albert, 1950, Out of My Later Years, Philosophical Library, New York.
- Einstein, Albert, 1954, "The Problem of space, Eter, and Field in Physics" dalam Saxe Commins and Robert E. Linscott, (ed), Man and The Universe : The Philosophers of Science, Modern Pocket Library, New Yurk. P 478-403.
- Grunbaum, Adolf, 1967, "Relativity Theory", Philosophical Significance" dalam Paul Edward, (ed), The Encyclopedia of Philosophy, The Macmillian Company & The Free Press, New York. vol V. p. 133 - 140.
- Lapp, E., Ralp, 1956, "Realtivity" dalam The world Book Encyclopedia, By Enterprises Educational Corporation, London. vol, 16, p. 201-304.
- Peursen, C. A. Van, 1983, Orientasi di Alam Filsafat Gramedia, judul asli Filosofische Orientatie, Diterjemahkan Dick Hartho ko, Jakarta.
- "Relativity, Theory of", 1957, dalam High School Encyclodia, (H.S.O), Golden Press, New York. vol. 15, p. 2126 - 2127.

Whitrow G. J. 1967, "Einstein, Albert (1879-1935)",
dalam Paul Edward, (ed), The Encyclo-
pedia of Philosophy, The Macmillan
Company & The Free Press, New York
vol. 2, p 468-471.

